

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



BEST AVAILABLE COPY



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. November 2001 (22.11.2001)

PCT

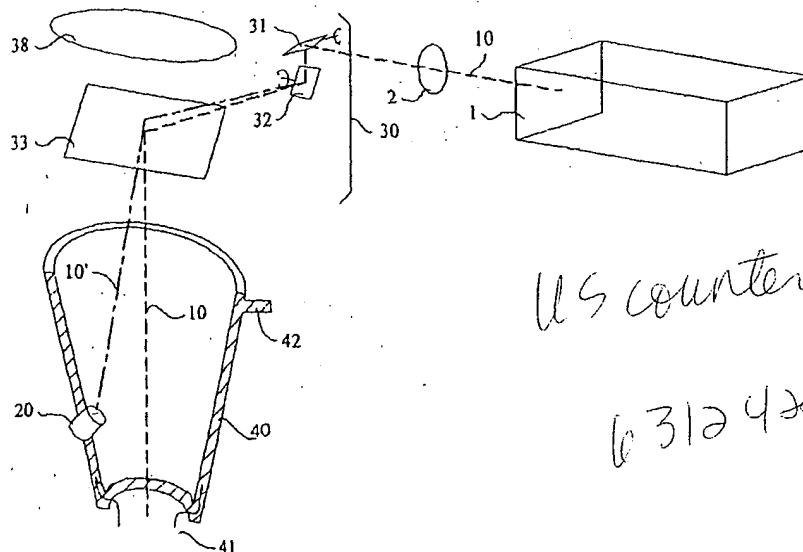
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/87199 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: A61F 9/00 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FEIGE, Torsten  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/05638 [DE/DE]; Georg-Büchner-Strasse 1, 07749 Jena (DE).  
GODER, Claus [DE/DE]; Dr. Gustav-Heinemann-Strasse  
(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Mai 2001 (17.05.2001) 18, 90491 Nürnberg (DE). HOLLERBACH, Thomas  
[DE/DE]; Buchaer Strasse 10b, 07745 Jena (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: SCHNEKENBUEHL, Robert; DTS München,  
St.-Anna-Str. 15, 80538 München (DE).  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: 100 24 079.8 17. Mai 2000 (17.05.2000) DE  
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU,  
CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,  
MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,  
TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING ENERGY AND/OR THE POSITION OF A PULSED AND  
SCANNED LASER BEAM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KONTROLLE DER ENERGIE UND/ODER DER POSITION  
EINES GEPULSTEN UND GESCANNTEN LASERSTRAHLS



US counterpart

6312422

(57) Abstract: The invention relates to a device and method for measuring the energy and/or the position of a pulsed laser beam, notably in an ophthalmologic excimer laser. The pulsed laser beam is intermittently directed at a sensor which detects its energy and/or position.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung der Energie und/oder der Position eines gepulsten Laserstrahls, insbesondere in einem ophthalmologischen Excimerlaser, wobei der gepulste Laserstrahl zeitweise auf einen Sensor gelenkt wird und die Energie und/oder Position des gepulsten Laserstrahls durch den Sensor erfasst wird.

WO 01/87199 A2



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KONTROLLE DER ENERGIE UND/ODER DER  
POSITION EINES GEPULSTEN UND GESCANNTEN LASERSTRAHL S

---

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kontrolle der Energie  
5 und/oder Position eines gepulsten und gescannten Laserstrahles. Insbesondere betrifft die  
Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung der Energie eines gepulsten  
Laserstrahles zur Erfassung des Ist-Wertes für eine Energieregulierung und gleichzeitiger  
Überprüfung der vollen Funktionstüchtigkeit einer Strahlableitvorrichtung und  
Optikjustierung eines ophthalmologischen Excimerlasers zur Hornhautchirurgie.
- 10 Laserenergie wird mittels optischer Photodioden, pyroelektrischen oder thermophilen  
Sensoren gemessen. Hierzu wird in der Regel immer ein Teil der Laserstrahlung über  
einen Teilerspiegel (Splitter) oder eine Glasplatte auf einen Sensor geleitet. Die dort  
gemessene Energie wird dann als zu der im Bearbeitungsfeld applizierten Energie  
15 proportional angesehen, entsprechend dem Teilungsverhältnis bei der Auskopplung.  
Energieverluste von sich ändernden Transmissionsverhältnissen des nachfolgenden  
optischen Systems aufgrund defekter Optiken oder steigender Absorption in Luft werden  
hier nicht erkannt und ausgeglichen.
- 20 Bei einer Strahlableitvorrichtung (Scanner) kann die korrekte Funktion des Scanners über  
eine Erfassung der Position der Spiegel des Scanners erfolgen. Dabei wird die Position  
des Spiegels über eine kapazitive oder optische Positionserfassung der Halterung des  
Spiegels bestimmt. Bei dieser selbständigen kapazitiven oder optischen  
Positionserfassung im Scanner (closed loop) meldet bei einer Änderung der Sollposition  
25 der Scanner dann zurück, wenn die entsprechende Position erreicht ist (position  
acknowledge signal). Bei kommerziell erhältlichen Scannern ist die Ortsauflösung der  
selbständigen Positionsüberwachung allerdings zu gering, so dass bei sehr kleinen  
Auslenkungen, bzw. Änderungen der Sollposition keine Änderung des position  
acknowledge signals erfolgt. Zudem kann damit auch nicht die tatsächliche Position des  
30 Laserstrahls erfasst werden. Ist das optische Strahlführungssystem z. B. aufgrund eines  
defekten Scannerspiegels dejustiert, wird dies nicht erkannt. Tritt ein Fehler bei der  
Sollwertvorgabe auf, z. B. durch ein verfälschtes Sollwertsignal aufgrund elektrischer  
Störungen oder durch ein fehlendes Signal aufgrund eines Kabelbruchs, kann dies  
ebenfalls nicht erkannt werden, da der Scanner selbständig auf das falsche Signal

positioniert und die erreichte Position zurückmeldet, bzw. der Scanner seine alte Position beibehält und weiterhin eine korrekte Position vortäuscht.

Weiterhin ist es denkbar, die Position des Laserstrahles durch die Erfassung eines Hilfsstrahls im sichtbaren Bereich über eine Bilderfassungseinheit zu erfassen. Diese Fehler der Positionüberprüfung der Strahlablenkeinheit können mit einem Bildverarbeitungssystem erkannt werden, indem mit einer Kamera die Position eines sichtbaren Zielstrahls im Bearbeitungsfeld erfasst und ausgewertet wird. Die Ist-Position kann dann mit der Soll-Vorgabe verglichen werden. Allerdings ist die mögliche Bearbeitungsgeschwindigkeit der Laseranlage durch die Bildwiederholrate der Kamera und die verhältnismäßig hohe Totzeit während der Bildauswertung begrenzt. Die Totzeit hängt im Wesentlichen von der Bearbeitungsgeschwindigkeit, bzw. Rechenkapazität des Bildverarbeitungssystems ab und reduziert nochmals die Bearbeitungsgeschwindigkeit des Gesamtsystems. Eine gleichzeitige Bestimmung der Energie ist nicht möglich.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kontrolle der Energie und/oder Position eines gepulsten und gescannten Laserstrahles bereitzustellen, mit denen die Bearbeitungsgeschwindigkeit und/ oder die Genauigkeit gegenüber den Verfahren bzw. Vorrichtungen des Standes der Technik verbessert werden können.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren und die Vorrichtung nach den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Insbesondere wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles (10), wobei der gepulste Laserstrahl (10) zeitweise auf einen Sensor (20) gelenkt wird und die Energie und/ oder die Position des gepulsten Laserstrahles (10) durch den Sensor (20) erfaßt wird. Als gepulster Laserstrahl kommt bevorzugt der Strahl eines ophtalmologischen Excimerlasers in Betracht. Dieser wird bevorzugt mit einer Frequenz von 35 Hz bis 1000 Hz, insbesondere von 300 Hz gepulst. Weitere bevorzugte Laser sind fs-Laser und frequenzverfünffachte Nd.YAG-Laser im Q-switch-Betrieb.

Als Sensor kann bevorzugt ein optischer Sensor, insbesondere Photodioden, pyroelektrischer Sensor oder ein thermophiler Sensor eingesetzt werden. Besonders bevorzugt werden als Sensor pyroelektrische Sensoren eingesetzt.

- 5 Der Sensor ist bevorzugt so angeordnet, daß die Energie des auftretenden Strahles gemessen werden kann und/ oder die Position des Strahles ermittelt werden kann. Dazu ist der Sensor bevorzugt mit mehreren Sensorfeldern ausgestattet, so daß die Energie in den einzelnen Feldern gemessen werden kann und durch die Summenbildung die Gesamtenergie des Strahles und durch die Energieverteilung auf den verschiedenen  
10 Feldern die Position des Strahles ermittelt werden kann. Ein erster Anhalt für die Korrektheit der Position ist die Messung, ob der Strahl bei der gewählten Justierung überhaupt auf den Sensor bzw. ein Sensorfeld trifft. Besonders bevorzugt wird ein Quadrantensensor eingesetzt. Hierdurch ist sowohl die Energie in der Summe als auch in den einzelnen Quadranten erfaßbar. Hierdurch wird neben der Gesamtenergie auch die  
15 Position des Strahles erfaßt.

- Diese Ablenkung des Strahles erfolgt besonders bevorzugt zeitweise, bevorzugt periodisch, d.h. daß dabei der ganze ungeteilte Strahl abgelenkt wird und nicht nur ein ausgekoppelter Anteil des Strahles. Dadurch kann der originär im Bearbeitungsbereich  
20 wirkende Strahl gemessen werden und nicht lediglich ein zu diesem Strahl korrelierender Strahl, wie dies bei den abgezweigten Strahlen im Stand der Technik der Fall ist. Dadurch werden auch entstehende Energieverluste - z.B. durch Ozonbildung im optischen System bis hin zum Strahlaustritt aus dem System - mit erfaßt.

- 25 Durch die Auslenkung des Laserstrahles auf den Sensor wird gleichzeitig die korrekte Funktion der Scanner und der gesamten Strahlage im optischen System sichergestellt.

- Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren ist der Sensor (20) innerhalb einer Strahlablenkeinrichtung (30) angeordnet. Durch die Anordnung des Sensors innerhalb der  
30 Strahlablenkeinrichtung wird eine kompakte Bauweise ermöglicht, ohne daß ein abgesetzter Sensor einjustiert werden müßte. Damit gibt es keine Relativbewegung zwischen dem Sensor und dem Laser, so daß hier keine Korrekturen erforderlich sind. Besonders bevorzugt ist der Sensor hinter dem letzten optischen Element der Ablenkeinrichtung angeordnet, so daß die Energie des gemessenen Strahles weitgehend  
35 der Energie des Strahles im Zielbereich entspricht.

Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird der gepulste Laserstrahl (10) in regelmäßigen Intervallen auf den Sensor (20) gelenkt. Dadurch ist es möglich, eine periodische Ablenkung einfach umzusetzen. Es ist natürlich ebenfalls denkbar, die Periode im Betrieb zu ändern, um beispielsweise mit einer höheren Periode zeitweise eine intensivere Überwachung zu realisieren, was insbesondere bei der Behandlung kritischer Bereiche vorteilhaft ist.

Besonders bevorzugt erfolgt die Kontrolle der Schussparameter jeweils nach erfolgter vollständiger Teilkorrektur des Bearbeitungsbereichs, insbesondere von Linsen. Auf diese Weise ist es möglich, eine Bearbeitungsschrittfolge durchzuführen und erst anschließend eine Kontrolle der Schussparameter durchzuführen. Eine besonders bevorzugte Vorrichtung für eine Verfahrensformgebung von Oberflächen, insbesondere von Linsen, wird in der Patentschrift D19727573 beschrieben.

Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird der gepulste Laserstrahl (10) mit einer Rate von 5 Hz bis 150 Hz, bevorzugt von 10 Hz bis 50 Hz, insbesondere bevorzugt von 15 Hz bis 35 Hz auf den Sensor (20) gelenkt.

Durch diese Raten wird ein quasi-kontinuierliches Meßergebnis erhalten, das eine schnelle Reaktion bei der Veränderung der Randparameter zuläßt. Dadurch kann zeitnah korrigierend eingegriffen werden, falls sich die Energie oder Position des Strahles ungewollt ändert.

Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Einzelimpuls des gepulsten Laserstrahles (10) auf den Sensor (20) gelenkt. Durch die Ablenkung nur eines Einzelstrahles kann eine definierte Energiemenge gemessen werden und mit den Meßdaten der zuvor und danach gemessenen Datenreihe verglichen werden. Dadurch ist ein bereits klar definiertes Energievolumen auf den Sensor periodisch appliziert, so daß eine weitere Umrechnung größtenteils entfallen kann.

Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird jeder fünfte bis jeder zweihundertste Einzelimpuls, bevorzugt jeder fünfte bis fünfzigste Einzelimpuls, besonders bevorzugt jeder zehnte bis dreißigste Einzelimpuls, insbesondere jeer fünfzehnte Einzelimpuls auf den Sensor (20) gelenkt. Dadurch wird eine quasikontinuierliche Messung ermöglicht, bei der bei einer Energieänderung unmittelbar reagiert und der Strahl angepaßt werden kann. Diese Rate wird bevorzugt im

Zusammenspiel mit der gewählten Schußfrequenz festgelegt. Darüber hinaus wird diese Rate bevorzugt auch im Zusammenspiel mit der für die beabsichtigte Umformung benötigten Gesamtanzahl an Schüssen festgelegt. Bei hohen Puls-Frequenzen können mehrere Meßwerte aufgenommen werden, ohne die Behandlungsdauer maßgeblich zu beeinflussen. Bei einer bevorzugten Pulsfrequenz von 300 Hz ergibt sich eine bevorzugte Rate von 1:15, d.h. daß jeder fünfzehnte Einzelimpuls auf den Sensor abgelenkt wird.

Bei einer bevorzugten erfindungsgemäßen Vorrichtung (5) zur Messung der Energie und/oder der Position eines gepulsten Laserstrahles (10), umfassend eine Strahlablenkeinrichtung (30), insbesondere einen Scannerblock, und einen Sensor (20) ist die Strahlablenkeinrichtung (30) so eingerichtet, daß ein hierüber geführter gepulster Laserstrahl (10) zeitweise auf den Sensor (20) lenkbar ist und durch den Sensor (20) die Energie und/oder die Position des gepulsten Laserstrahles (10) erfaßbar ist. Durch eine solche erfindungsgemäße Vorrichtung wird vorteilhaft eine Apparatur zur Messung der Energie und/oder der Position eines gepulsten Laserstrahles bereitgestellt.

Bei einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung (5) nach dem vorhergehenden Anspruch weist der Sensor (20) mehrere Sensorfelder (25) auf. Dadurch ist es vorteilhaft möglich, daß die Energie in den einzelnen Feldern gemessen werden kann und durch die Summenbildung die Gesamtenergie des Strahles und durch die Energieverteilung auf den verschiedenen Feldern die Position des Strahles ermittelt werden kann. Ein erster Anhalt für die Korrektheit der Position ist die Messung, ob der Strahl bei der gewählten Justierung überhaupt auf den Sensor bzw. ein Sensorfeld trifft. Insoweit kann vorteilhaft auch die Form und die Größe des Sensors bzw. der Sensorfelder so gewählt werden, daß die Position des Strahles genau ermittelt werden kann. Bevorzugt kann der Sensor auch so klein gewählt werden, daß bei einer Abweichung des Strahles kein Signal mehr durch den Sensor meßbar ist und so eine hohe Genauigkeit der Strahlpositionierung als Kriterium für den Betrieb zugrunde gelegt werden kann.

Bei einem erfindungsgemäßen ophtalmologischen Excimerlaser (1) zur refraktiven Hornhautchirurgie weist der Excimerlaser (1) eine Vorrichtung zur Messung der Energie und/oder der Position eines gepulsten Laserstrahles (10) nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche auf. Auf diese Weise ist es möglich, den Laserstrahl in diesem kritischen Lasersystem einzusetzen, um Operationen am menschlichen Auge noch sicherer zu machen.

Im folgenden sollen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an Hand der Zeichnung erläutert werden. Hierbei zeigt

- 5      Fig. 1      einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles mit Integration des Sensors in eine Absaugeinrichtung;
- 10      Fig. 2      einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles mit Positionierung des Sensors unterhalb des Umlenkspiegels; und
- 15      Fig. 3      einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles mit Positionierung des Sensors oberhalb des Umlenkspiegels.

Figur 1 zeigt einen schematischen Aufbau einer Vorrichtung 5 zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles 10 mit Integration des Sensors in eine Absaugeinrichtung. Einer Laserquelle bzw. einem Excimerlaser 1 ist eine Strahlformungsoptik 2 (symbolisch als einzelne Linse dargestellt), eine Strahlablenkeinrichtung 30, bestehend aus einem ersten Scannerspiegel 31 für die x-Achse und einen zweiten Scannerspiegel 32 für die y-Achse, sowie einem Umlenkspiegel 33 nachgeordnet. Vor dem Bearbeitungsbereich ist eine Absaugeinrichtung 40 vorgesehen, in der Ablationsprodukte 51 aus dem Bearbeitungsbereich entfernt werden können. Innerhalb der Absaugeinrichtung ist ein Sensor 20 angeordnet. Über ein Mikroskopobjektiv 38 kann durch die Absaugeinrichtung hindurch der Bearbeitungsbereich beobachtet werden.

In Betrieb wird ein Laserstrahl 10 vom Excimerlaser 1 generiert und über den ersten Scannerspiegel 31, sowie den zweiten Scannerspiegel 32 auf den Umlenkspiegel gerichtet. Von dort wird der Strahl durch die Absaugeinrichtung 40 auf den Bearbeitungsbereich gerichtet. Über das Mikroskopobjektiv 38 kann der Operator nun den Vorgang der Wirkung des Laserstrahls 10 im Bearbeitungsbereich verfolgen. Durch eine Bewegung des ersten Scannerspiegels 31, sowie des zweiten Scannerspiegels 32 wird der Strahl 10 auf einen Pfad eines Laserstrahls 10' abgelenkt. Diese Ablenkung erfolgt nach den vorher gewählten Parametern genau so, dass der abgelenkte Strahl 10' auf den Sensor 20 trifft. Hierzu werden immer einzelne Pulse des Laserstrahls



ausgekoppelt – danach werden die ersten und zweiten Scannerspiegel 31 bzw. 32 wieder in ihre Arbeitsposition verstellt. Der Laserstrahl 10 bleibt weiterhin im Bearbeitungsbereich.

- 5 Besonders vorteilhaft ist, dass die von Sensor 20 gemessene Energie des Einzelimpulses genau der Energie des Laserstrahles 10 im Bearbeitungsbereich entspricht, da dieser Laserstrahl durch das gesamte optische System bereits hindurchgetreten ist, so dass eine Umrechnung oder Abschätzung weiterer Verluste, bzw. Dämpfungen nicht erfolgen muss. Des weiteren wird durch die Ablenkung des Strahles über den ersten, bzw. zweiten
- 10 Scannerspiegel 31, bzw. 32 gleichzeitig die Funktionsweise der Strahlablenkeinrichtung 30 überprüft, da der abgelenkte Strahl 10' nur dann auf den Sensor 20 aufzutreffen vermag, wenn die einzelnen optischen Elemente der Strahlablenkeinrichtung 30 korrekt positioniert und funktionsfähig sind.
- 15 **Figur 2** zeigt einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles 10 mit Positionierung des Sensors 20 unterhalb des Umlenkspiegels 33. Der Strahl 10 kann über den Spiegel 32 an dem Umlenkspiegel vorbei auf den Sensor 20 gelenkt werden. Dadurch entfallen mögliche Ausrichtungen des Strahles auf den Sensor 20, da dieser dann schon
- 20 eine fixierte Position innerhalb der Vorrichtung relativ zu der Strahlablenkeinrichtung 30 einnimmt.
- Figur 3** zeigt einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles 10 mit
- 25 Positionierung des Sensors 20 oberhalb des Umlenkspiegels 33. Damit ist eine alternative Anordnung des Sensors innerhalb der Strahlablenkeinrichtung aufgezeigt.

Auf diese Weise wurde ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kontrolle und/oder Position eines gepulsten und gescannten Laserstrahls bereitgestellt, mit dem einfach und

30 zuverlässig die Energie des Laserstrahles im Zielgebiet, bzw. Bearbeitungsbereich erfasst werden kann und vorzugsweise zusätzlich auch noch die korrekte Justierung der Strahlablenkeinrichtung quasi kontinuierlich überprüft und hergestellt werden kann.

---

---

**BEZUGSZEICHENLISTE**

---

---

1	Laserquelle bzw. Excimerlaser
2	Strahlformungsoptik
5	Vorrichtung zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles
10	Laserstrahl
10'	Zur Messung abgelenkter Laserstrahl
20	Sensor
25	Sensorfeld
30	Strahlablenkeinrichtung
31	Erster Scannerspiegel (x-Achse)
32	Zweiter Scannerspiegel (y-Achse)
33	Umlenkspiegel
38	Mikroskopobjektiv
40	Absaugeinrichtung
41	Ablationsprodukte
42	Sauganschluß

---

---

PATENTANSPRÜCHE

---

---

1. Verfahren zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles (10)  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der gepulste Laserstrahl (10) zeitweise auf einen Sensor (20) gelenkt wird  
und  
die Energie und/ oder die Position des gepulsten Laserstrahles (10) durch den Sensor (20) erfaßt wird.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Sensor (20) innerhalb einer Strahlableitvorrichtung (30) angeordnet ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der gepulste Laserstrahl (10) in regelmäßigen Intervallen auf den Sensor (20) gelenkt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der gepulste Laserstrahl (10) mit einer Rate von 100 Hz, bevorzugt von 50 Hz, insbesondere bevorzugt von 15 Hz auf den Sensor (20) gelenkt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche  
dadurch gekennzeichnet, daß  
ein Einzelimpuls des gepulsten Laserstrahles (10) auf den Sensor (20) gelenkt wird.
6. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch  
dadurch gekennzeichnet, daß  
jeder fünfte bis jeder zweihundertste Einzelimpuls, bevorzugt jeder zehnte bis einhundertste Einzelimpuls, besonders bevorzugt jeder zehnte bis dreißigste Einzelimpuls auf den Sensor (20) gelenkt wird.

7. Vorrichtung zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles (10), umfassend  
eine Strahlablenkeinrichtung (30), insbesondere einen Scannerblock und einen Sensor (20)  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Strahlablenkeinrichtung (30) so eingerichtet ist, daß ein hierüber geführter gepulster Laserstrahl (10) zeitweise auf den Sensor (20) lenkbar ist und durch den Sensor (20) die Energie und/ oder die Position des gepulsten Laserstrahles (10) erfaßbar ist.
8. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Sensor (20) mehrere Sensorfelder (25) aufweist.
9. Ophtalmologischer Excimerlaser (1) zur refraktiven Hornhautchirurgie  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Excimerlaser (1) eine Vorrichtung zur Messung der Energie und/ oder der Position eines gepulsten Laserstrahles (10) nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche aufweist.

1/1

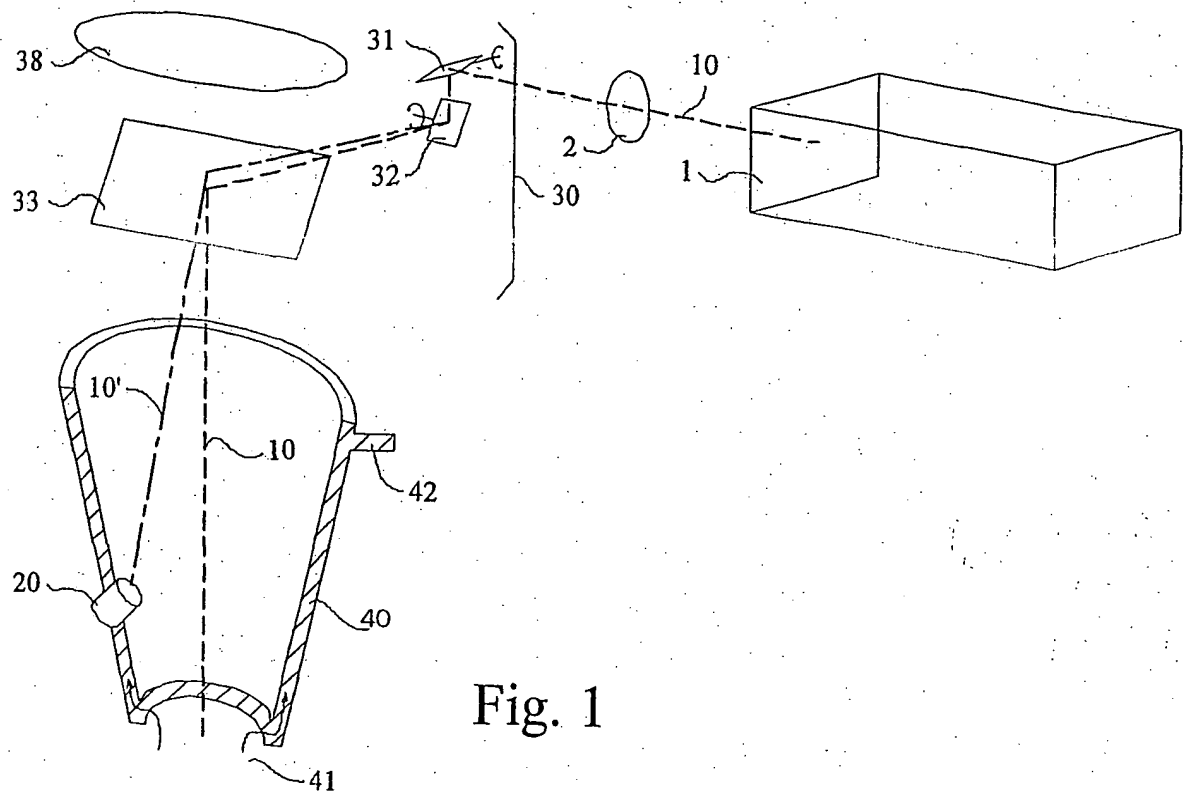


Fig. 1

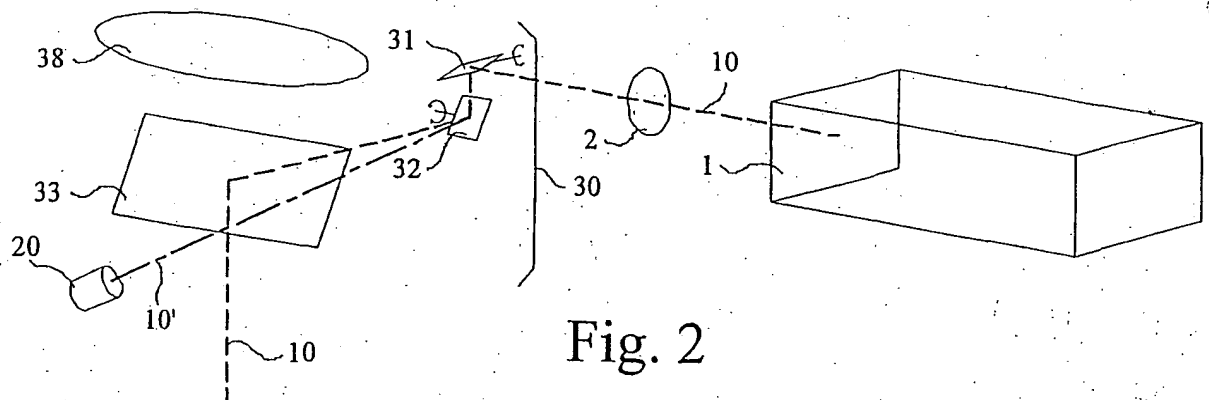


Fig. 2

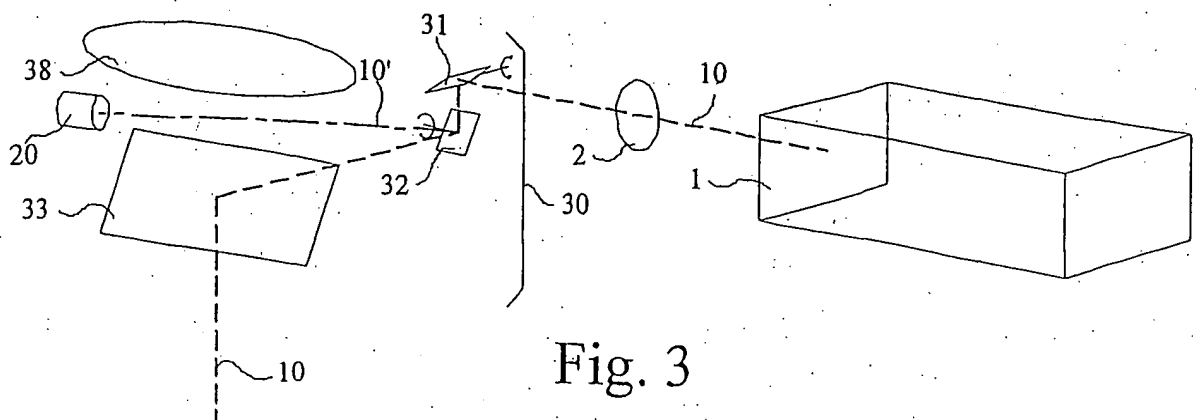


Fig. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**